

参考資料1

令和4年度第1回

「幌延深地層研究計画の確認会議」資料  
(令和4年4月26日開催)

# 令和4年度 第1回 幌延深地層研究の確認会議 説明資料

令和4年4月26日

日本原子力研究開発機構  
核燃料・バックエンド研究開発部門  
幌延深地層研究センター

# 令和4年度 幌延深地層研究の確認会議

- 1 令和3年度の実施内容と成果および令和4年度の計画**
  - 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
  - 1-2 処分概念オプションの実証
  - 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
  - 1-4 必須の課題への対応に必要なデータ取得
  - 1-5 研究に対する評価
  - 1-6 深度500mまでの掘削

**2 国際プロジェクト**

**3 北海道からの要請事項への対応**

# 令和4年度 幌延深地層研究の確認会議

- 1 令和3年度の実施内容と成果および令和4年度の計画
  - 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
    - 1) 人工バリア性能確認試験
    - 2) 物質移行試験
  - 1-2 処分概念オプションの実証
    - 1) 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
    - 2) 高温度(100℃以上)などの限界条件下での人工バリア性能確認試験
  - 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
    - 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
    - 2) 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験
  - 1-4 必須の課題への対応に必要なデータ取得
  - 1-5 研究に対する評価
  - 1-6 深度500mまでの掘削

※本研究には、以下の経済産業省資源エネルギー庁委託事業の成果の一部を利用した。

・高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業[JPJ007597]

# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 1)人工バリア性能確認試験(1/3)

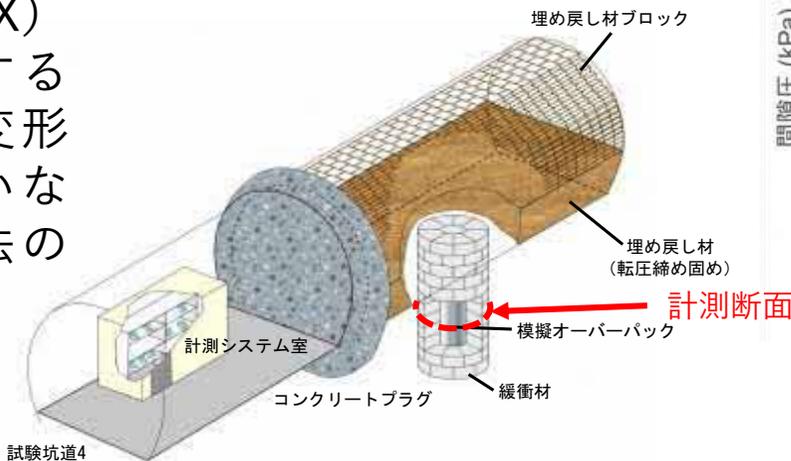
### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 人工バリア周辺で起こる現象の理解

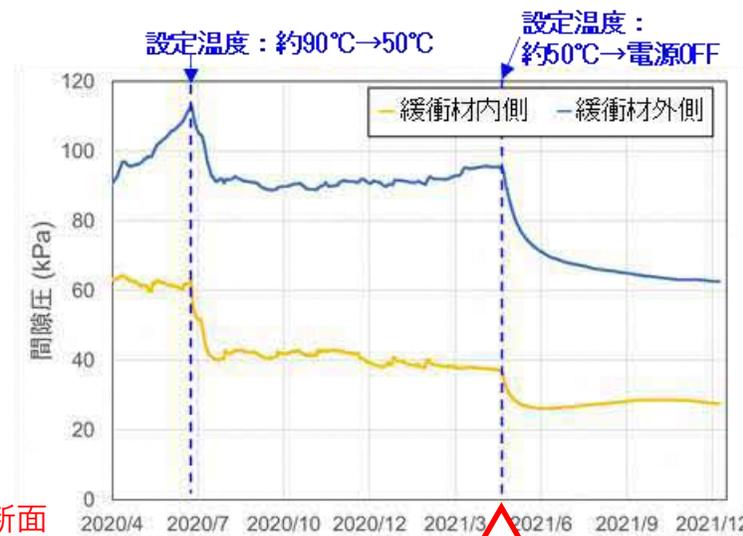
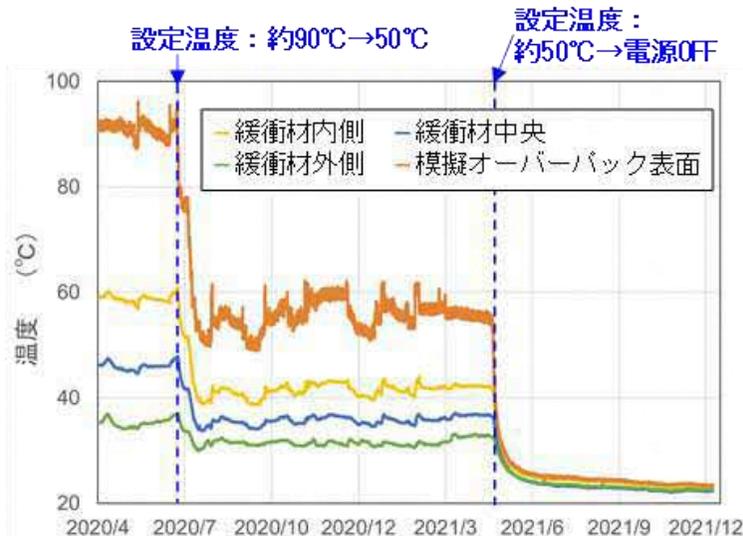
- 緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータ（浸潤時・減熱時）を取得し、熱-水-応力-化学連成評価手法を整備
- 人工バリアの解体作業により緩衝材の飽和度を確認

### 令和3年度の実施内容と成果

- 人工バリア性能確認試験ではヒーター加熱を止め、緩衝材中の温度や間隙圧の変化を観察しました（右図）。
- 緩衝材の浸潤・膨潤・変形試験結果を国際共同研究（DECOVALEX）で共同解析・比較することで、膨潤圧や変形量の解析結果の違いなどの各国の解析方法の課題を確認しました。



人工バリア性能確認試験の概念図



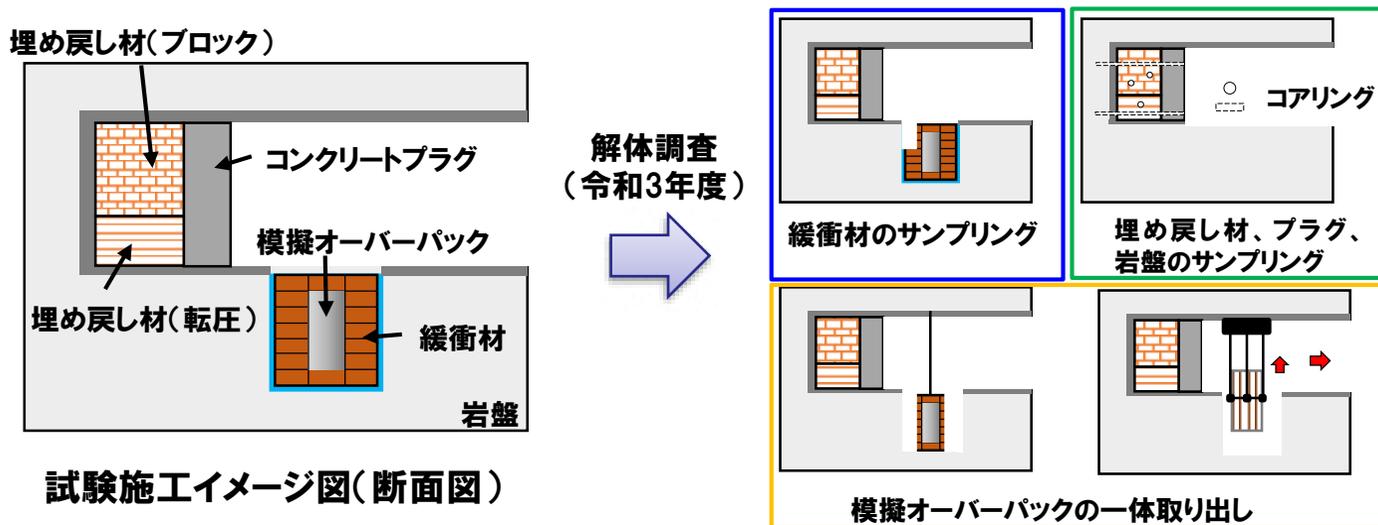
加熱を停止すると、緩衝材中の  
間隙圧が低下

# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 1) 人工バリア性能確認試験(2/3)

### 令和3年度の実施内容と成果

人工バリア性能確認試験の解体調査に先立ち、別の坑道に人工バリアを設置して緩衝材や埋め戻し材の解体を行いました。その結果、それぞれの材料の解体手法、材料間の境界部を一体的に取り出す手法などの有効性を確認できました。



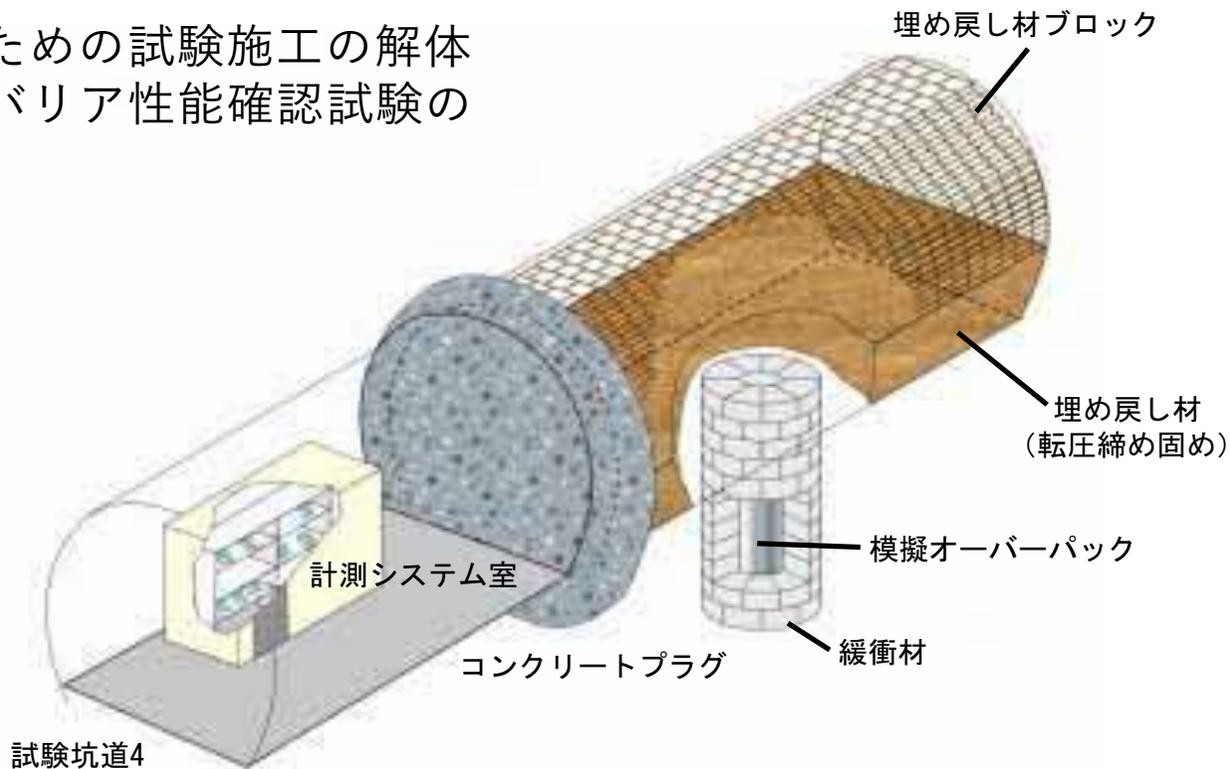
埋め戻し材、吹付けコンクリート、岩盤界面サンプリング後の試料

# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 1)人工バリア性能確認試験(3/3)

### 令和4年度の計画

- 廃棄体の発熱がおさまった状態を模擬した条件で、人工バリア性能確認試験を継続します。
- 国際共同研究（DECOVALEX）で解析結果の比較検証を開始します。
- 人工バリアの試験体を取り出すための試験施工の解体調査結果を整理し、実際の人工バリア性能確認試験の解体調査計画の検討を行います。



人工バリア性能確認試験の概念図

# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 2) 物質移行試験(1/2)

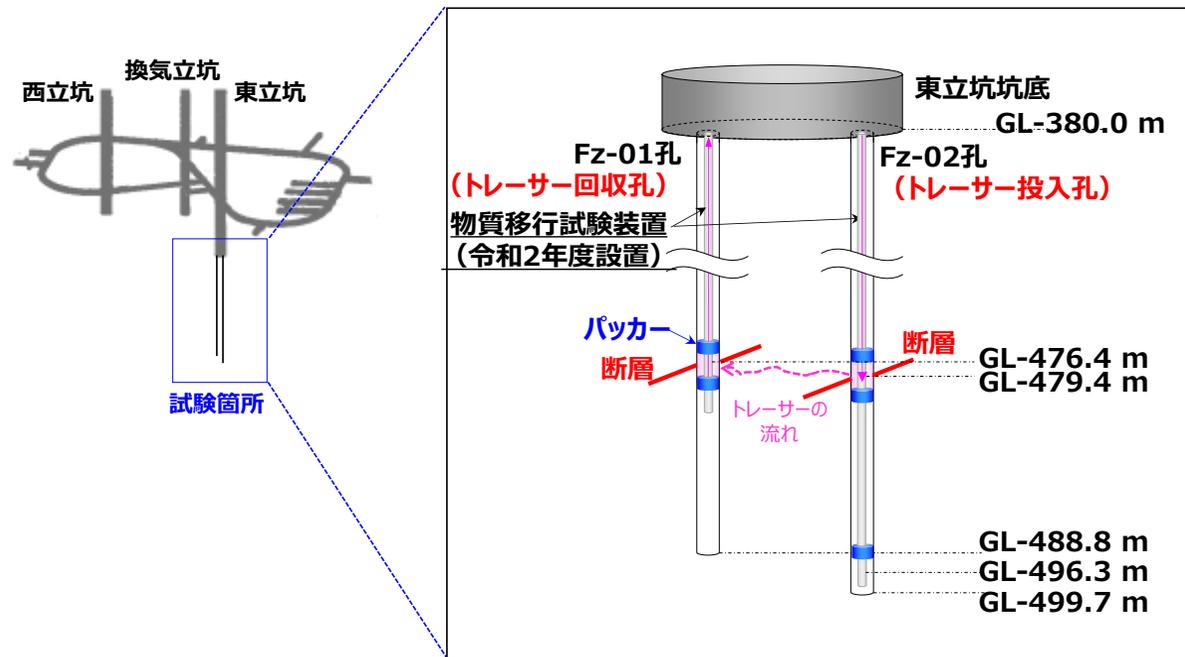
### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 堆積岩における物質移行現象の評価手法の整備

- 掘削損傷領域での物質移行試験を行い、物質移行に関するデータを取得
- 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験
- 掘削損傷領域、岩盤中の割れ目を含むブロックスケール（数m～100m規模）の物質移行評価手法を整備

### 令和3年度の実施内容と成果

- 掘削損傷領域での物質移行試験を行い、物質移行特性を評価するためのデータを取得しました。
- 有機物や微生物、コロイドを対象とした原位置試験の準備作業を実施しました。
- ブロックスケールの物質移行試験を実施しました。トレーサー濃度は非常に低く、割れ目の連続性が乏しいなど、稚内層深部の物質移行概念モデルの検討に有益な情報を取得しました。



ブロックスケールの物質移行試験

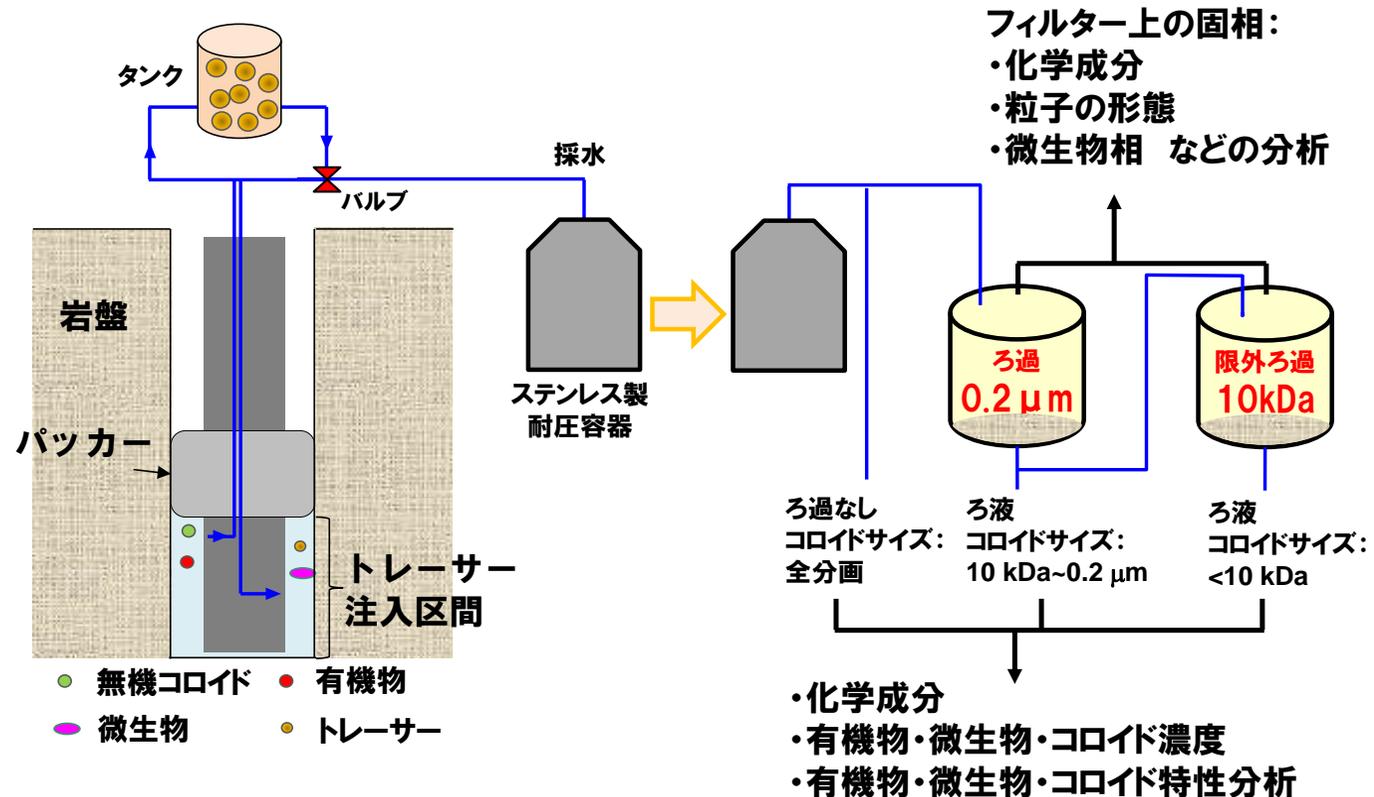
コロイド：大きさが1nm～1μmの粒子が液体中に浮遊し、容易に沈まない状態

# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 2) 物質移行試験(2/2)

### 令和4年度の計画

- 物質移行試験結果をもとに掘削損傷領域での物質移行の評価方法を検討します。
- 有機物・微生物・コロイドが物質の動きに与える影響を確認する原位置試験（右図）を開始します。
- ブロックスケールの物質移行評価手法を構築するため、声問層の割れ目を評価するためのボーリング調査を開始します。



有機物・微生物・コロイドの影響を考慮した物質移行試験の概念図

# 1-2 処分概念オプションの実証

## 1)人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験(1/2)

### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 坑道の閉鎖技術や閉鎖システムの性能を担保する設計・施工技術の選択肢の整理

- 搬送定置・回収技術（緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術オプション、回収容易性を考慮した概念オプション、品質評価手法）を整備
- 閉鎖技術（埋め戻し方法：プラグなど）を実証
- 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工に係る、実証した品質保証の仕組みや考え方を体系的に整理

### 令和3年度の実施内容と成果

- コンクリート材料を大気や地下水中に定置して、経年劣化を把握する暴露試験を継続した結果、地下水中ではコンクリート構造物の劣化原因となる中性化領域がごくわずかであることを確認しました。
- 止水プラグ用のベントナイト吹付けの工学規模試験（写真）を実施し、吹付け手順や材料管理方法を確認するとともに、吹付け後のベントナイトの乾燥密度に生じるばらつきを整理しました。
- 湧水のある条件での緩衝材の長期的な流出挙動を確認するため、試験孔に緩衝材を設置し、緩衝材流出量、膨潤圧、水圧などの計測を開始しました。



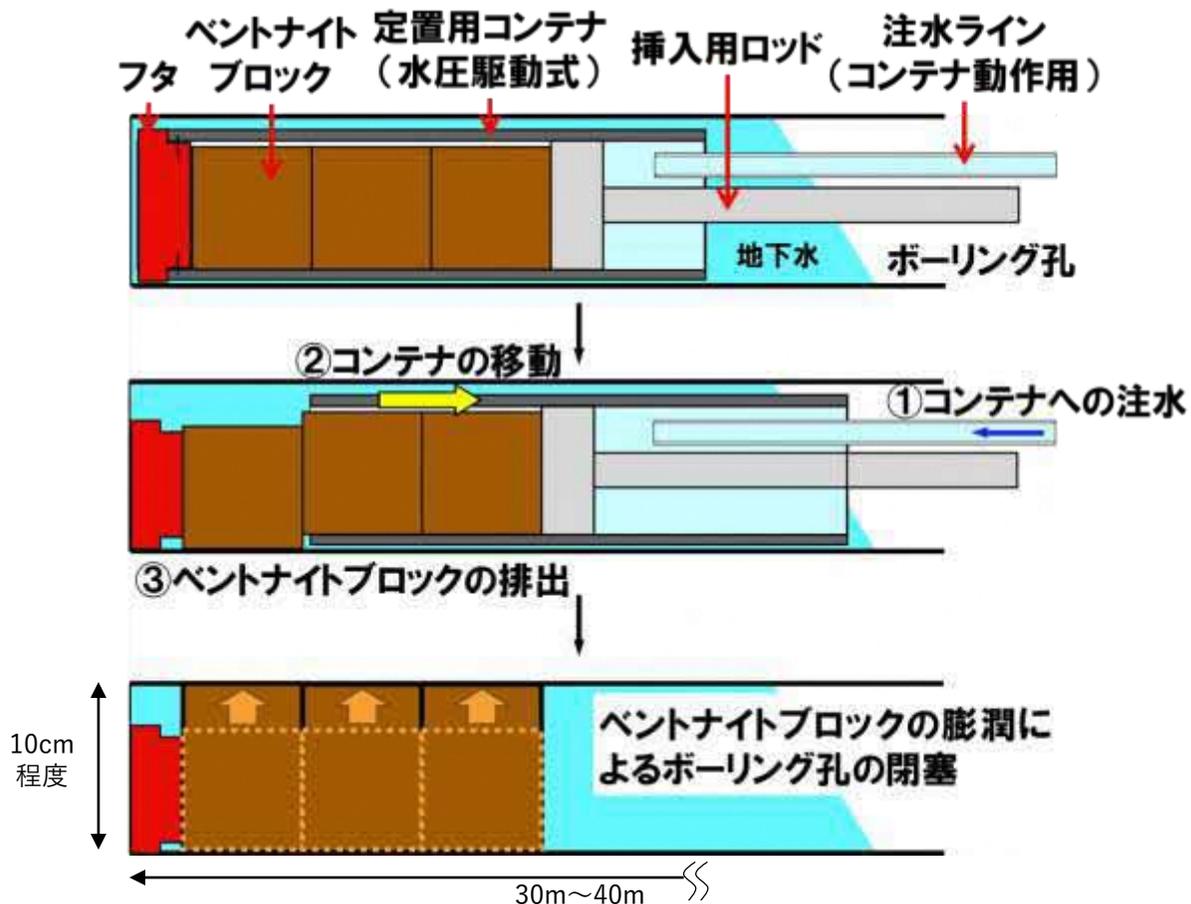
ベントナイト吹付けの工学規模試験の状況

# 1-2 処分概念オプションの実証

## 1)人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験(2/2)

### 令和4年度の計画

- 地下環境でのコンクリートの物性変化データの取得を継続し、坑道閉鎖後の岩盤の応力状態や透水性などの予測解析を実施します。
- 吹付け後のベントナイトの乾燥密度や含水比などの施工品質の整理を継続します。
- ボーリング孔の閉塞技術の適用性を確認する原位置試験（**右図**）を実施します。
- 長期的な緩衝材の流出試験を継続します。



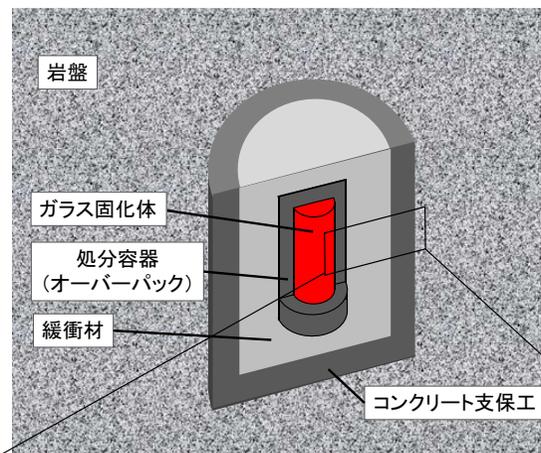
# 1-2 処分概念オプションの実証

## 2) 高温度(100°C以上)などの限界条件下での人工バリア性能確認試験

### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 想定外の要因により緩衝材温度が100°Cを超えた場合の挙動の確認

- 100°C超になった際に人工バリアとその周辺岩盤において発生する現象を整理し、人工バリアとその周辺岩盤における上限温度設定の考え方を提示

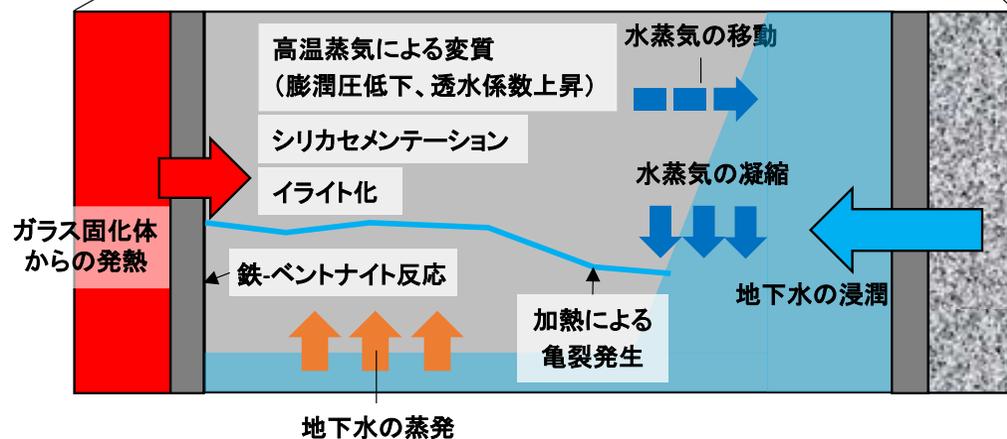


### 令和3年度の実施内容と成果

- 海外機関が実施した計測データを整理した結果、緩衝材の温度上昇が130°Cまでならば、1,000年後の緩衝材の変質割合は小さいと推定されました。

### 令和4年度の計画

- 先行事例調査を基に、100°Cを超えた状態で生じ得る現象のシナリオを整理し、試験計画の検討を行います。



ガラス固化体からの発熱により人工バリア周辺に生じると想定される現象の概念図

# 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化(1/4)

### 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

#### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

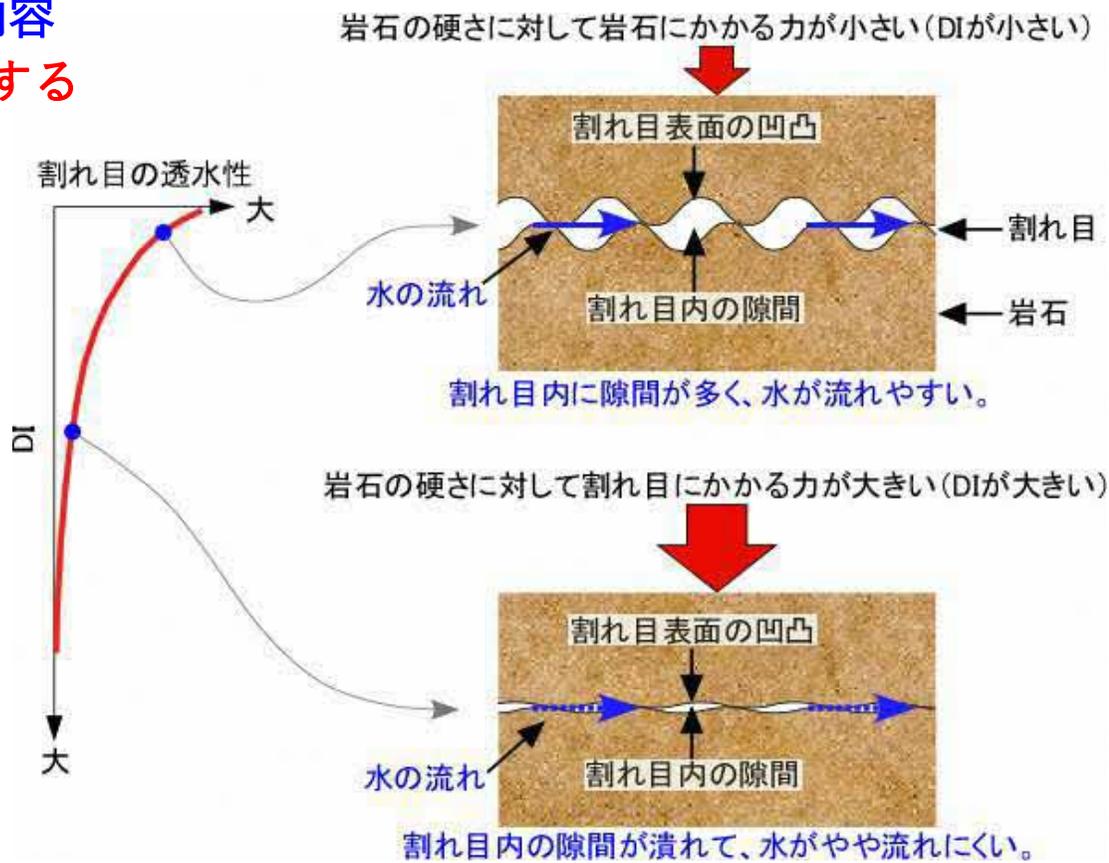
地殻変動が透水性に与える影響を推測するための手法を整備

#### 令和3年度の実施内容と成果

割れ目の水の流れやすさは

- ・ 岩石にかかる力
- ・ 岩石の硬さ
- ・ 割れ目のかみ合わせ

の3つの要素の組み合わせによって決まることを明らかにしました。



(令和3年12月6日プレスリリース)

「地下深部の割れ目の水の流れやすさに関わる法則性を発見」

[https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/r3/press\\_1206.html](https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/r3/press_1206.html)

※DI (ダクティリティインデックス) : 岩石にかかる力を岩石の引張り強さで割ったもの

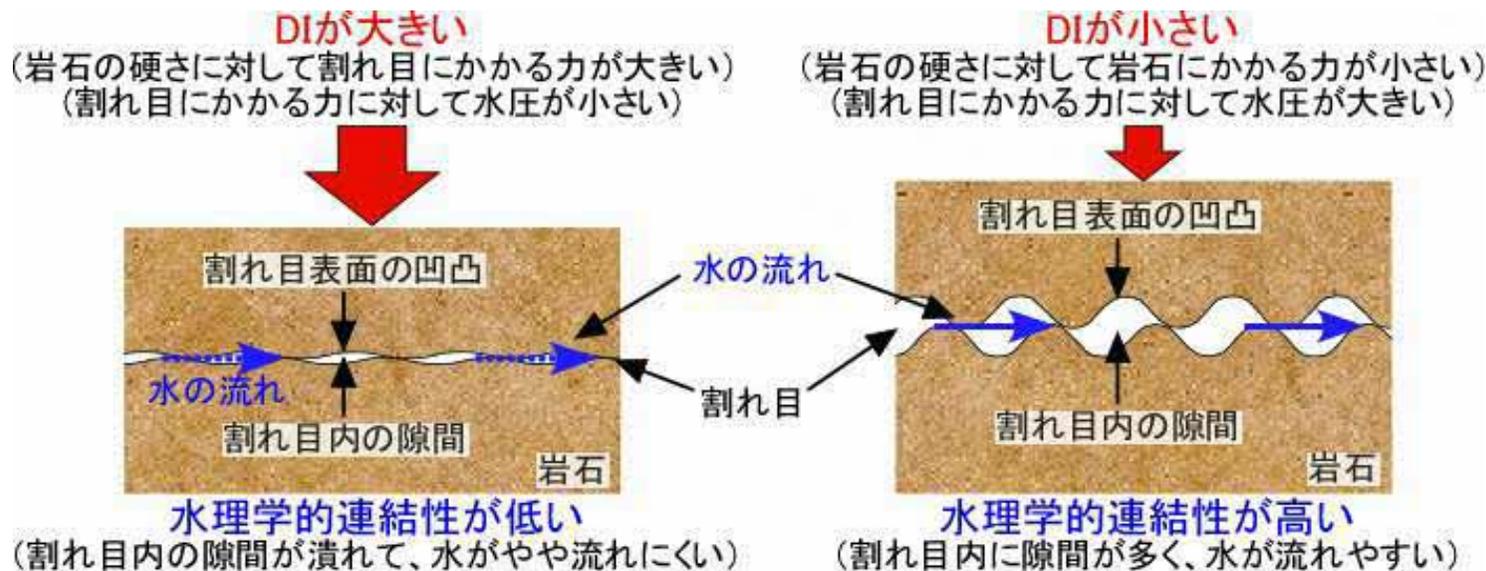
# 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化(2/4)

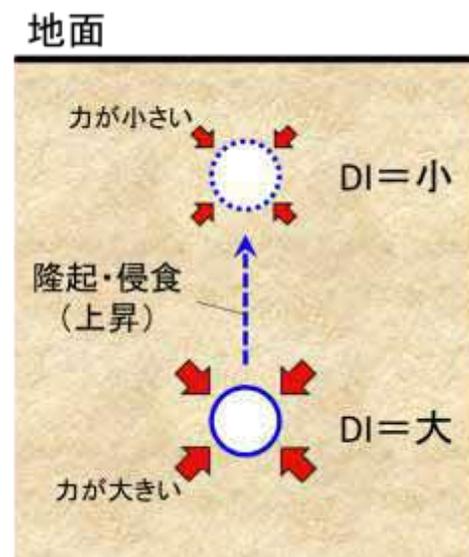
### 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

#### 令和4年度の計画

- 令和3年度に再検証したDIモデルと、水圧擾乱試験の結果との比較検証を継続します。
- DIと断層/割れ目の水理学的連結性の関係を解析し、隆起・侵食が透水性に与える影響の評価手法を検討します。



DIと割れ目の水理学的連結性の関係



隆起・侵食が透水性に与える影響

# 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化(3/4)

### 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

#### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

##### 地下水の流れが非常に遅い領域の分布を把握するための技術の構築

- ▶ 化石海水の分布領域の調査・評価技術の高度化
- ▶ 地下水の滞留時間、塩濃度分布を推測するための水理解析、物質移動解析

#### 令和3年度の実施内容と成果

- 令和2年度に推定した化石海水の三次元分布の妥当性を確認するため、ボーリング調査（深度200mまで）を実施し、地質環境特性を把握しました。過去の電磁探査データを加えた比抵抗（電流の流れやすさ）分布を再解析し、地層分布と比抵抗分布が調和的であることを確認しました。
- 地形や海水準などの長期変化を考慮した感度解析を実施し、長期的地形変化や地下水の密度変化などが化石海水領域に影響を及ぼし得ることを明らかにしました。

# 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化(4/4)

### 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

#### 令和4年度の計画

- 令和3年度に掘削したボーリング孔を延長し、稚内層中の化石海水の分布を確認するため地下水の水質・同位体データの取得を継続します。
- 化石海水の三次元分布を推定するための物理探査、ボーリング調査、地球統計学的解析、水理・物質移行解析など調査・解析手法を取りまとめます。



ボーリング調査実施地点 (HFB-1孔)



ボーリング調査現場の全景

# 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 2)地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験(1/2)

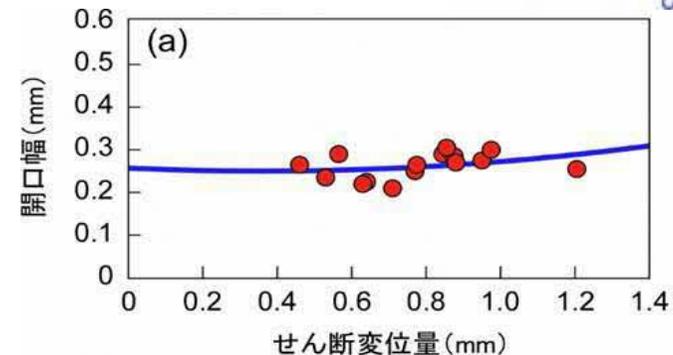
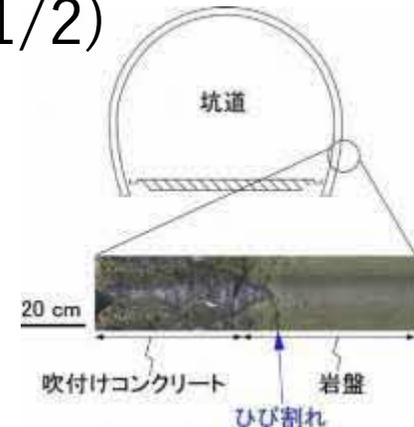
### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 坑道閉鎖後の掘削損傷領域の透水性の推測手法の構築

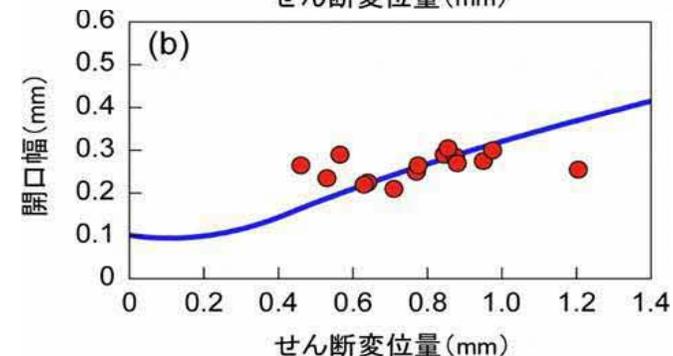
- 緩衝材や埋め戻し材が掘削損傷領域の力学的・水理学的な緩衝能力（自己治癒能力）に与える影響の解析手法を開発
- 坑道近傍の力学条件に基づいて掘削損傷領域の透水性を予測する方法を構築
- 坑道埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性を予測する方法を構築

### 令和3年度の実施内容と成果

- 樹脂が注入された掘削損傷領域の割れ目試料の観察結果を検証するシミュレーションを行い、割れ目の開口幅とせん断変位量の間に相関性がないことを確認しました。
- 掘削損傷領域の割れ目を対象とした注水試験データを検討し、緩衝材や埋め戻し材の膨潤圧が掘削損傷領域の透水性に与える影響を検討するための基礎データを取得しました。



割れ目面にかかる力を原位置相当(3.2MPa)とした場合



割れ目面にかかる力を原位置相当の圧力より極端に小さくした場合

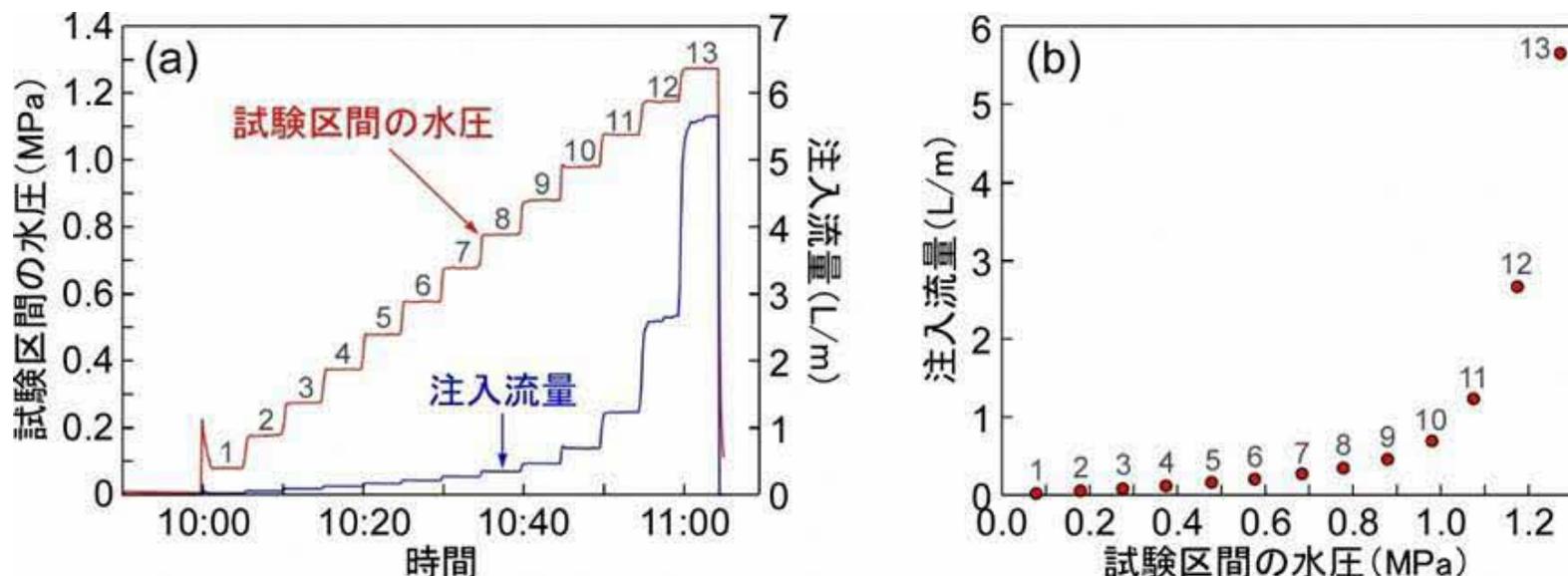
樹脂注入後の掘削損傷領域の割れ目試料で観察された開口幅とせん断変位量の関係（赤丸）とシミュレーション結果（青線）

# 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 2)地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験(2/2)

### 令和4年度の計画

- 掘削損傷領域の割れ目を対象に実施した注水試験のデータを詳細解析し、坑道埋め戻し後の緩衝材や埋め戻し材の膨潤が、掘削損傷領域の透水性に与える影響を定量的に評価する手法を検討します。



掘削損傷領域の割れ目を対象に実施した既往の注水試験のデータの例

注水試験中の試験区間の水圧と注入流量の(a)推移と(b)両者の関係。

図中の1~13の番号は試験中のステップの番号を表す

# 1-4 必須の課題への対応に必要なデータ取得

## 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

処分システムの設計・施工や安全評価に関わる基礎情報の取得

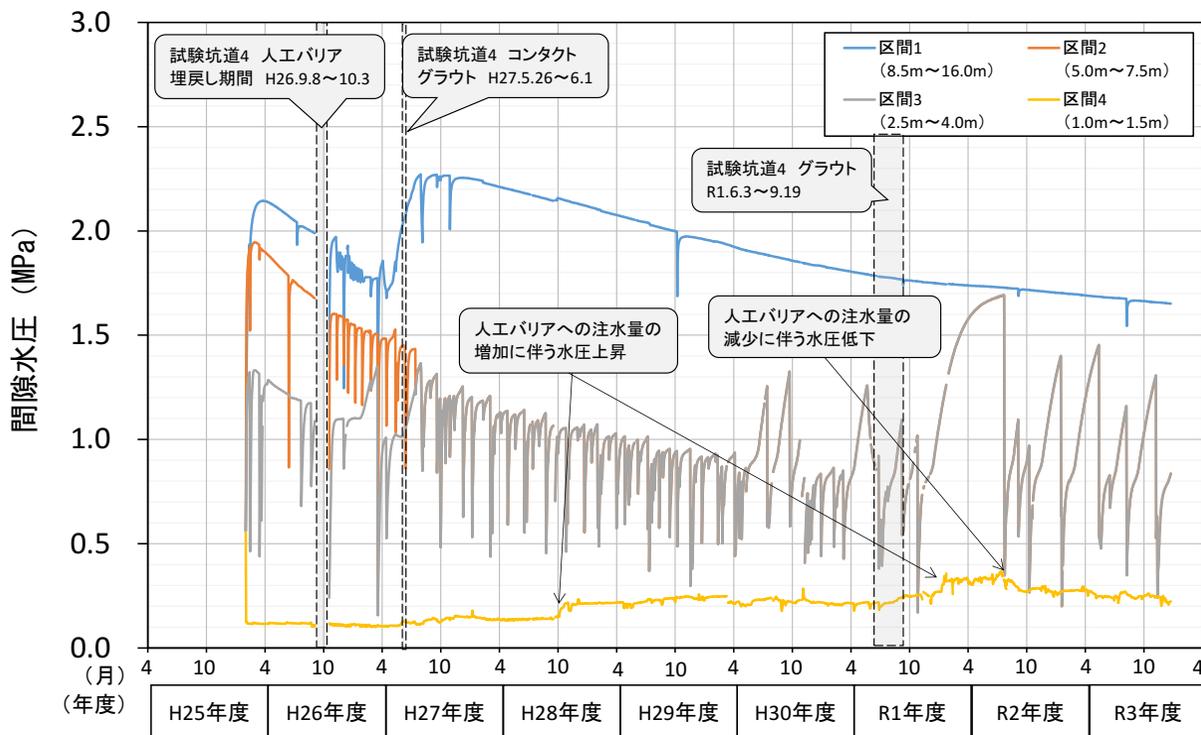
## 令和3年度の実施内容と成果

一例として、

- 人工バリア性能確認試験の試験箇所周辺のボーリング孔にて、水圧・水質モニタリングを継続し、水圧・水質に顕著な変化のないことを確認しました。

## 令和4年度の計画

- 地質環境特性データとして、既存のボーリング孔や調査坑道を利用した地質構造・岩盤の水理・地下水の地球化学・岩盤力学に係るデータ取得を継続します。



13-350-C08孔における水圧の経時変化

# 1-5 研究に対する評価

## 深地層の研究施設計画検討委員会による

「令和3年度の成果ならびに令和4年度の計画」に対する総括の結果

### 令和3年度の成果

- 各必須の課題で予定していた原位置・室内での調査試験や解析が進められており、最終的な**目標達成に向けて必要なデータ、知見が着実に得られている**ことを確認した。
- 特に、これまでに得られている**地質環境特性データが、工学技術・安全評価に関する研究開発に有効に活用**されており、**成果の信頼性向上に寄与**していると評価できる。

### 令和4年度の計画

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に沿って、令和3年度までの研究開発の成果が集約されるとともに、**今後の坑道における研究が総合的かつ効果的に進められる内容**となっており、妥当と考えられる。

※ 本総括結果については、第30回深地層研究施設計画検討委員会（令和4年2月21日）における審議結果に基づき、第34回地層処分研究開発・評価委員会（令和4年2月25日）において報告され、妥当と判断されました。

# 1-5 研究に対する評価

## 地層処分研究開発・評価委員会における

### 事後評価（第3期中長期計画）及び事前評価（第4期中長期計画）

#### 事後評価（第3期中長期計画：平成27年度～令和3年度）

**総合評価：A（顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる）**

- 国際的にも高い技術レベルで地層処分技術の信頼性向上に寄与する基盤技術の整備を着実に進めている。特に、その達成度や成果の効果・効用という点では、これらの研究成果が、国の「科学的特性マップ」、原子力発電環境整備機構の包括的技術報告書に反映されるなど、地層処分事業の進展に大きく貢献したことは、顕著な実績として認めることができる。
- **幌延深地層研究センターの稚内層深部（深度500m）での研究や国際拠点化に向けた取り組みは、更なる技術基盤の強化につながるとともに、将来の研究開発への展開に大きく寄与するものである。**
- 深地層の研究施設の一般公開をはじめとする研究施設への見学者の受入れや関係自治体、報道機関への施設公開、さらには地層処分の理解活動への研究者・技術者の派遣を積極的に行っている。新型コロナウイルス感染症影響下における新たな取り組みとして、成果報告会などのライブ配信や研究紹介動画の制作・公開など、社会的受容性の向上にも努めている。

#### 事前評価（第4期中長期計画：令和4年度～令和10年度）

**総合評価：妥当**

- 幌延の地下研究施設を最先端の地層処分技術を実証する**プラットフォームとして国内外に広く提供・活用**することで、幌延深地層研究計画における研究開発が世界的にも高い技術レベルへ大きく向上・発展し、**我が国の地層処分計画に必要な技術基盤の信頼性向上**のみならず、**国際的にも大きく貢献**できると考えられる。

# 1-6 深度500mまでの掘削

## 深度500mまでの掘削に向けた準備状況（主にPFI事業について）

令和3年9月	実施設計を完了
令和3年12月	実施方針の公表 要求水準書（案）の公表
令和4年1月	実施方針、要求水準書（案）に関する民間事業者からの質問を受付
令和4年2月	民間事業者からの質問への回答を公表
令和4年3月	特定事業の選定の公表

### （今後の予定）

令和4年4月	入札公告
令和4年9月	入札書、提案書の受付
令和4年11月	落札者決定
令和4年12月	基本協定の締結
令和5年4月	PFI事業の契約締結、事業開始

※PFI(Private Finance Initiative)：公共施設などの建設、維持管理、運営などを民間の資金、経営能力および技術的能力を活用して行う手法

# 1-6 深度500mまでの掘削

## PFI事業スケジュール

### 施設整備業務：

令和5年4月～令和8年3月

### 維持管理業務：

令和5年4月～令和11年3月

### 研究支援業務：

令和5年4月～令和11年3月

業 務	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度	令和10年度
引継ぎ		■					
施設整備業務		▼R5.4	■		▼R8.3		
維持管理業務		▼R5.4	■				R11.3 ▼
研究支援業務		▼R5.4	■				R11.3 ▼

### 坑道の想定整備範囲（設計値）

換気立坑：内径4.5m、坑道長120m（GL-380m～GL-500m）

東立坑：内径6.5m、坑道長150m（GL-380m～GL-530m）

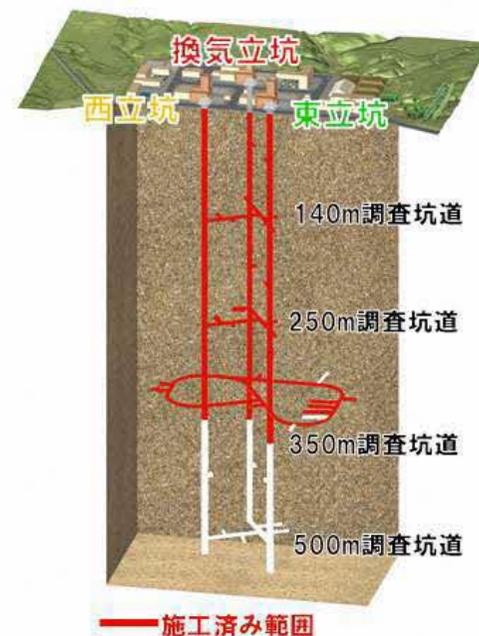
西立坑：内径6.5m、坑道長150m（GL-365m～GL-515m）

350m調査坑道：坑道長66m

（試験坑道6、試験坑道7、大型試錐座）

500m調査坑道：坑道長203m

（立坑連絡坑道、試験坑道8、試験坑道9、ポンプ座、一時避難所）

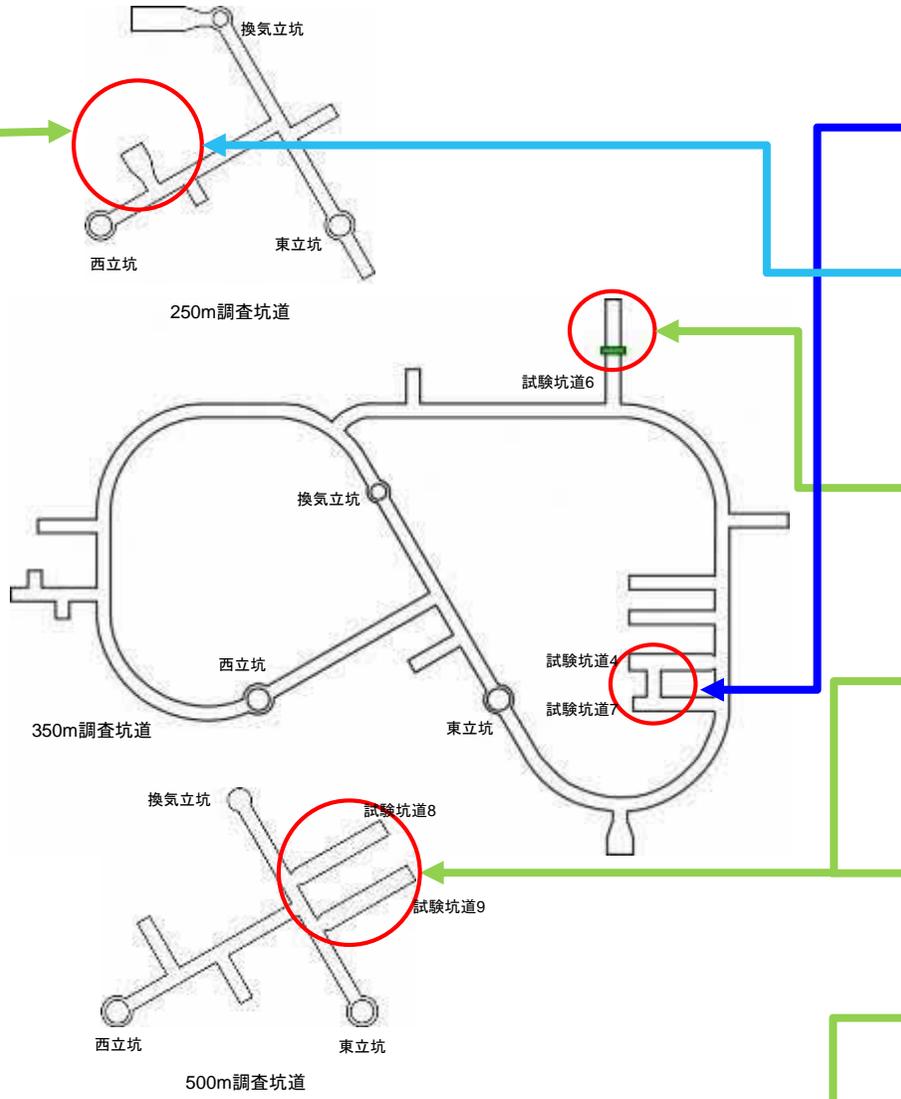


想定整備範囲の概要図

立坑や水平坑道の白抜き部分を掘削する。

# 1-6 深度500mまでの掘削

## PFI事業における研究支援の内容



- 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認に関わる研究支援業務
  - 1) 人工バリア性能確認試験  
連成解析技術の信頼性を確認するため、試験坑道4で人工バリアの解体、センサーの較正、分析を行います。
  - 2) 物質移行試験  
ブロックスケールにおける遅延性能評価手法を整備するため、250m調査坑道で物質移行データを取得します。
- 処分概念オプションの実証に関わる研究支援業務
  - 1) 閉鎖技術（埋め戻し方法・プラグ等）の実証試験  
坑道閉鎖に関わる地下施設及び人工バリアの設計評価技術を体系化するため、試験坑道6の一部拡幅を行い、試験場所を整備します。
  - 2) 掘削影響試験  
多接続坑道での湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術を整備するために、試験坑道8、9でボーリング調査、物理探査などを行います。
  - 3) 初期地圧測定  
坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術を体系化するため、500m調査坑道で初期地圧測定を行います。
  - 4) トレーサー試験  
廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報を得るため、250m調査坑道でトレーサー試験を行います。

# 令和4年度 幌延深地層研究の確認会議

- 1 令和3年度の実施内容と成果および令和4年度の計画**
  - 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
  - 1-2 処分概念オプションの実証
  - 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
  - 1-4 必須の課題への対応に必要なデータ取得
  - 1-5 研究に対する評価
  - 1-6 深度500mまでの掘削

## 2 国際プロジェクト

## 3 北海道からの要請事項への対応

## 2 国際プロジェクト(1/7)

### 国内外の関係機関の資金や人材を活用することへの取り組み

#### 令和3年度の実施内容

- 幌延国際共同プロジェクトに関わる取り組み
  - 国内外の研究機関や実施主体に働きかけを行い、国際共同プロジェクトの準備会合への参加を募集（10/27にプレス）、準備会合（第1回：3/4）を開催（2/18にプレス）
- DECOVALEX（連成モデルの開発とその実験結果との検証に関する国際共同研究）
  - テーマのひとつとして幌延の人工バリア性能確認試験のデータを用いた解析が採用され、5つの国と地域の機関が参加。
    - 第1回WS（令和3年4月：Web開催）：室内試験の解析結果の比較
    - 第2回WS（令和3年11月：Web開催）：米国の機関が参加を決定。解析結果の比較
- Pacific Rim Partnership（環太平洋の研究機関で協力協定を検討）
  - パートナーシップ協力に関する憲章の締結（令和2年11月署名：5つの国と地域、5機関）  
人材育成に関わる相互教育テーマについて参加機関と協議
- 地層処分に関するトレーニングコースの招致
  - 韓国の大学生を対象としたトレーニングコース  
新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を考慮し、延期
- 国際化に向けた取り組みを推進
  - 最終処分ラウンドテーブルの取り組みに係る、資源エネルギー庁とOECD/NEA（経済協力開発機構／原子力機関）主催のワークショップ（令和3年9月：Web開催）への協力

## 2 国際プロジェクト(2/7)

### 国内外の関係機関の資金や人材を活用することへの取り組み

#### 令和4年度の計画

- 幌延国際共同プロジェクトに関わる取り組み
  - 国際共同研究プロジェクトの準備会合を通じて**研究内容、役割分担を議論し**、国際共同プロジェクトの**契約を締結**する
- DECOVALEX（連成モデルの開発とその実験結果との検証に関する国際共同研究）
  - 幌延の**人工バリア性能確認試験のデータを用いた解析**（5つの国と地域の機関が参加）  
令和4年4月と秋にWSを開催：解析結果の比較検証を実施
- Pacific Rim Partnership（環太平洋の研究機関によるパートナーシップ協力憲章）
  - 相互教育、情報交換の実施
- 地層処分に関するトレーニングコースの招致
  - **韓国の大学生を対象**としたトレーニングコースの幌延開催（令和4年8月予定）
- 国際化に向けた取り組みを推進
  - 最終処分ラウンドテーブルの議論内容を受けて、資源エネルギー庁とOECD/NEA（経済協力開発機構／原子力機関）が主催する、**地下研究施設を活用した国際協力に関するワークショップ（令和4年度上期 幌延で開催予定）**への協力

## 2 国際プロジェクト(3/7)

### 幌延国際共同プロジェクト

#### 【前提】

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に沿って令和10年度末までを限度として実施します。
- 「幌延町における深地層の研究に関する協定書」を遵守します。

#### 【目的】

アジア地域の地層処分に関わる国際研究開発拠点として、幌延深地層研究センターの地下施設を利用した実際の深地層での研究開発を多国間で協力しながら推進するものです。我が国のみならず参加国における先進的な安全評価技術や工学技術に関わる研究成果を最大化するとともに、それを通して知識と経験を共有し次世代を担う国内外の技術者や研究者を育成します。

#### 【実施内容】

高レベル放射性廃棄物の地層処分場の合理的設計、操業、閉鎖および地層処分システムの安全性評価で用いる先進的技術の開発・実証は国際的な課題です。そこで、幌延深地層研究センターの地下施設を活用して、国際的に関心の高い以下の項目を実施します。

(「」内は「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の課題名)

- 物質移行試験 (「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」)
- 処分技術の実証と体系化 (「処分概念オプションの実証」)
- 実規模の人工バリアシステム解体試験 (「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」)

# 2 国際プロジェクト(4/7)

## 幌延国際共同プロジェクト

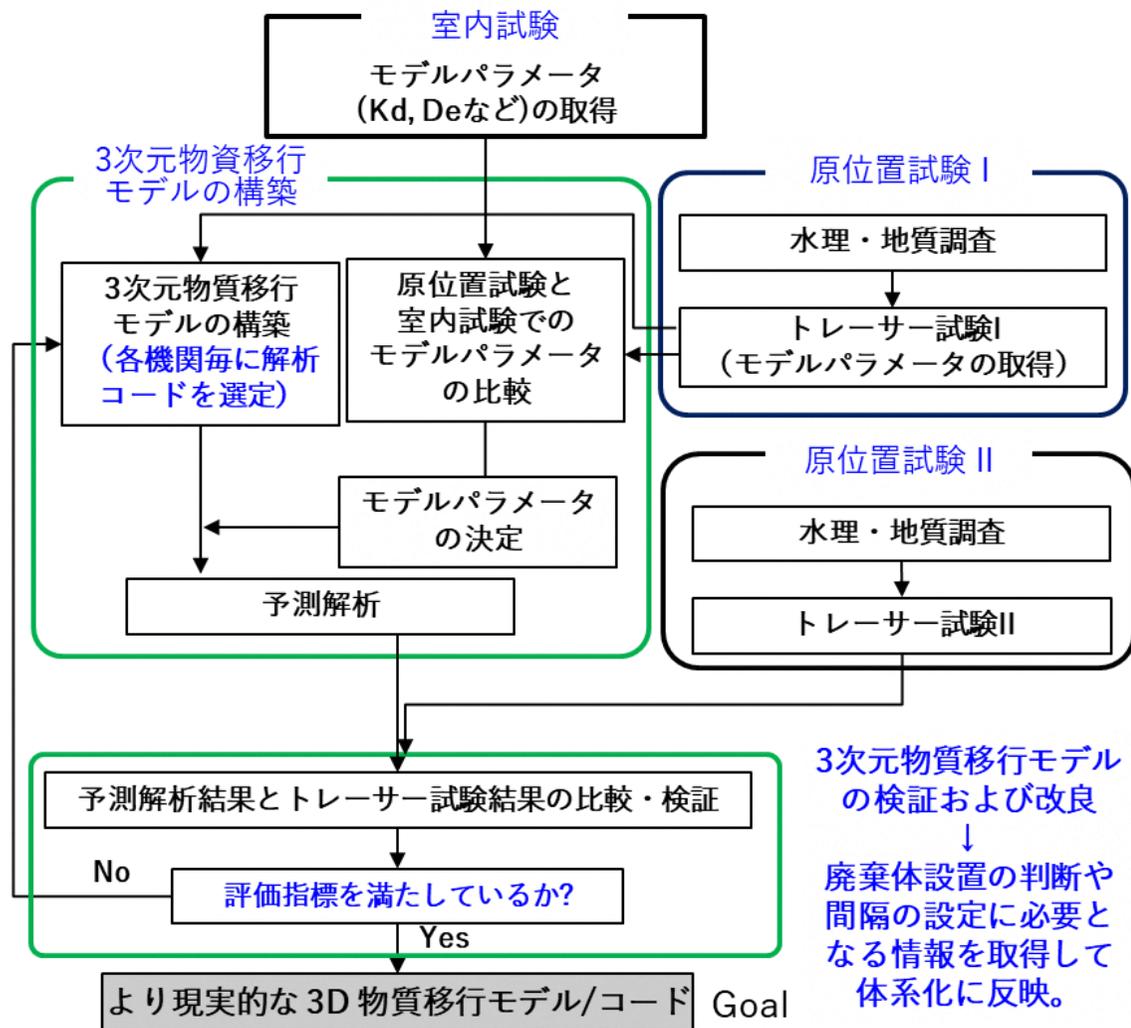
共同研究の実施内容：物質移行試験（「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」）

**【国際共同プロジェクトで取り組む内容】**

- ① 幌延に分布する新第三紀堆積岩を対象として水理地質特性の調査および室内試験・原位置トレーサー試験を実施し、得られたデータを基に3次元物質移行モデルを構築します。
- ② 3次元物質移行モデルを用いた予測解析を実施し、原位置トレーサー試験の結果と比較することで、①で構築した3次元物質移行モデルの検証および改良を実施します。

**【得られる成果】**

調査～モデル構築／検証までの一連の評価手法を確立し、かつ使用する解析コードを各国の手法と比較しながら確認することで、精密調査後半で実施する核種移行評価に用いる技術の信頼性を提示できます。

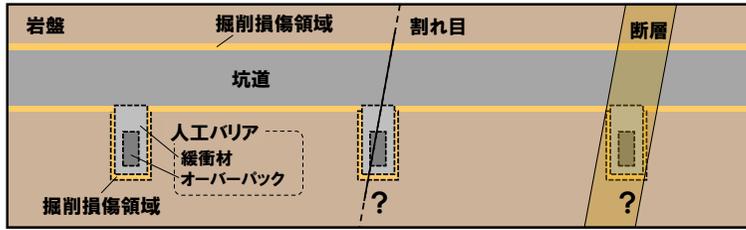


# 2 国際プロジェクト(5/7)

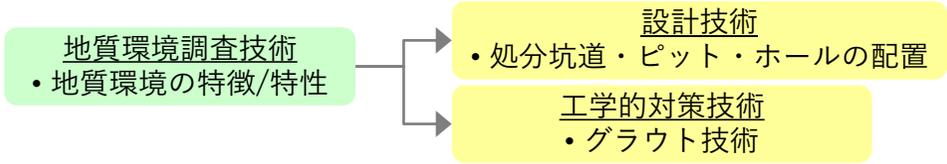
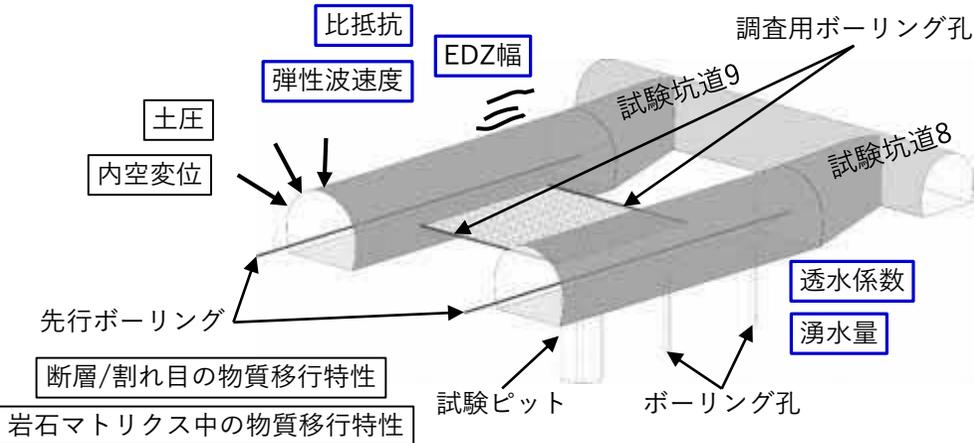
## 幌延国際共同プロジェクト

### 共同研究の実施内容：処分技術の実証と体系化（「処分概念オプションの実証」）

#### 500m調査坑道での例



処分坑道・ピットの配置の指標検討の概念



地質環境特性に基づきグラウトの必要性や  
処分坑道・ピットの配置を決定

#### 【国際共同プロジェクトで取り組む内容】

処分坑道・ピットの配置するための設計概念や指標および関連技術を最適化するため体系的に整備します。

#### 原位置試験・解析：

- 指標の候補をあらかじめ検討し、予測解析により指標に関連する着目すべき特性を定量的に明確化
- 地質環境調査技術の適用として、指標に基づき断層・割れ目やEDZの特性に関するデータを取得
- 地質環境調査により必要性が判断された場合、工学的対策（グラウト）を実施
- 適用した調査技術やモデルの妥当性を評価するためのデータ取得と事後解析



#### 【得られる成果】

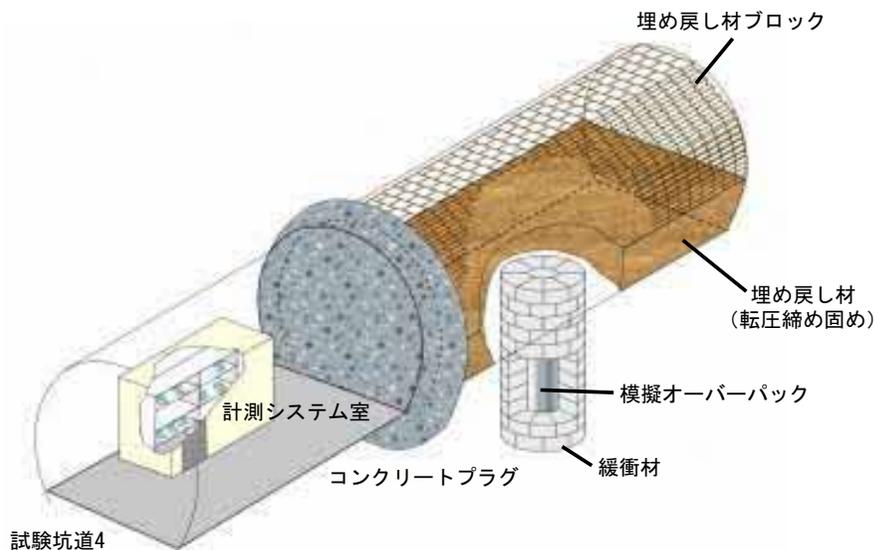
原位置試験・解析や既存の地質環境情報を活用したケーススタディとして、以下に着目して「処分坑道・ピットの配置の設計に関する調査・評価技術の枠組み」を構築できます。

- 処分坑道と交差する断層/割れ目のスケールを考慮した処分ピット・ホール配置に対する概念/指標
- 地質環境調査、処分坑道、ピット/ホール配置、工学的対策を含む関連する技術を体系化の考え方

## 2 国際プロジェクト(6/7)

### 幌延国際共同プロジェクト

共同研究の実施内容：実規模の人工バリアシステム解体試験（「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」）



#### 【国際共同プロジェクトで取り組む内容】

センサーで取得したデータに加えて、解体調査で取得するデータ（粘土材料中のより詳細な飽和度、乾燥密度、塩分濃度分布や材料界面の情報）を用いたベンチマークテストを実施します。

- ①解体調査計画の決定と実施
- ②解体調査時に予測される飽和度、乾燥密度、塩濃度分布などの予測解析
- ③予測解析と解体調査データの比較による解析モデルの更新

#### 【得られる成果】

各国の処分事業で共通の課題となっている人工バリアの物理化学特性の評価について、幌延の人工バリア試験結果を共通の解析対象として、各機関の解析コードを用いて解析、比較することで、熱-水-応力-化学連成解析手法の信頼性を確認できます。

## 2 国際プロジェクト(7/7)

### 幌延国際共同プロジェクト

第1回準備会合（令和4年3月4日）

**参加機関**（8つの国と地域から10機関；53名が参加）

- 英国地質調査所（イギリス）
- 原子力環境整備促進・資金管理センター（日本）
- 台湾工業技術研究院（台湾）
- ドイツ連邦放射性廃棄物機関（ドイツ）
- ルーマニア原子力研究所（ルーマニア）
- オーストラリア連邦科学産業研究機構（オーストラリア）
- 原子力発電環境整備機構（日本）
- 電力中央研究所（日本）
- ブルガリア国営放射性廃棄物会社（ブルガリア）
- ロシア科学アカデミー原子力安全研究所（ロシア）

#### 協議内容

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づく3つの研究課題、スケジュールについて概要を説明しました。また、OECD/NEAからNEAが事務局となる国際共同プロジェクトに関わる一般的な諸手続きや知的所有権の取り扱いなどについて説明されました。

#### 令和4年度の予定

- 複数回の準備会合を行い、その結果を踏まえて最終的に幌延国際共同プロジェクトへの参加を決定した機関の間で契約を締結します（令和4年度下期予定）。
- 第2回準備会合は5月中旬、第3回準備会合は6月中旬に開催予定です。個別の研究課題に関わる各機関の実施内容について議論します。

# 令和4年度 幌延深地層研究の確認会議

- 1 令和3年度の実施内容と成果および令和4年度の計画**
  - 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
  - 1-2 処分概念オプションの実証
  - 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
  - 1-4 必須の課題への対応に必要なデータ取得
  - 1-5 研究に対する評価
  - 1-6 深度500mまでの掘削

## 2 国際プロジェクト

## 3 北海道からの要請事項への対応

### 3 北海道からの要請事項(令和3年度分)への対応(1/5)

1. 深度500メートルにおける研究は、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の範囲を超える研究はしないこと。

○深度500mにおける研究は、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の範囲で行います。

2. 工事の進捗については、毎年度提出の調査研究計画や成果報告はもとより、機構のホームページに公開するなど、透明性を担保して、情報発信を行うこと。

○工事の進捗については、毎年度提出する調査研究計画や調査研究成果報告で示すとともに、ホームページで進捗を公開します。

([https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/kouji/shisetsuseibi\\_kouji.html](https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/kouji/shisetsuseibi_kouji.html))

3. 工期に影響が生じ得る事象が発生した場合は、機構は速やかに北海道及び幌延町へ報告し、ホームページで公表するとともに、必要に応じて工程への影響を最小限とする方策などについて説明すること。

○工期に影響が生じ得る事象が発生した場合は、速やかに北海道及び幌延町へ報告し、ホームページで公表するとともに、必要に応じて工程への影響を最小限とする方策などについて説明します。

### 3 北海道からの要請事項(令和3年度分)への対応(2/5)

4. 仮に、研究期間の調整が必要とされる状況が生じた場合は、機構は速やかに北海道や幌延町に報告するとともに、調整後の研究工程や研究内容を報告すること。

○仮に、研究期間の調整が必要とされる状況が生じた場合は、速やかに北海道や幌延町に報告するとともに、調整後の研究工程や研究内容を報告します。

5. 坑道整備工事及び研究開始に伴う具体的なスケジュールや計画については、「令和2年度以降の研究工程」及び各年度の研究計画において記載すること。

○坑道整備工事及び深度500mでの研究開始に伴う具体的なスケジュールや計画については、「令和2年度以降の研究工程」及び各年度の研究計画において記載します。

6. 「埋め戻し」という用語については、「研究終了後に幌延深地層研究センターの地下施設全体を埋め戻すこと」と「人工バリア性能確認試験において試験坑道部分を埋め戻すこと」が混同されることのないよう今後の資料作成においては、明確に区別がつくよう工夫すること。

○「埋め戻し」という用語については、「研究終了後に幌延深地層研究センターの地下施設全体を埋め戻すこと」を「地下施設の埋め戻し」、「人工バリア性能確認試験において試験坑道部分を埋め戻すこと」を「坑道の埋め戻し」と記載することとしました。

### 3 北海道からの要請事項(令和3年度分)への対応(3/5)

7. 報道機関を対象とした説明会等の開催を検討するほか、施設公開やホームページ等による情報発信を通じ、幌延の研究施設が最終処分場になる等の不安や懸念の解消に努めること。また、情報の受け手の「分かりやすさ」に配慮したうえで、研究に対する理解の醸成につなげるため、今後も丁寧かつ積極的な情報発信に透明性を持ち取り組むこと。

- 報道機関を対象とした施設見学会を企画し、令和3年12月6日に開催しました。また、プレス発表においては、記者へのレクチャー方式として、参加促進を図る観点から、対面とオンラインを組み合わせたハイブリッド形式を設定し、説明を行いました。
- 施設見学の受け入れやホームページなどによる情報発信を通じて、幌延の研究施設が最終処分場にならないことを三者協定を引用して説明し、不安や懸念の解消に努めています。
- 一般の方や小・中学生向けに幌延深地層研究センターの研究についてわかりやすく解説した資料や動画を集めた資料集のページをホームページに新設しました。
- 資料集のページには、地下施設の見学を疑似体験できる3Dバーチャルコンテンツも掲載しています。(経済産業省資源エネルギー庁委託事業：令和3年度放射性廃棄物広聴・広報等事業(地層処分研究理解促進事業))

# 3 北海道からの要請事項(令和3年度分)への対応(4/5)

## 情報公開の取り組み (1/2)

幌延センターHP新規コンテンツ (<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>)

施設を訪問できない方向けの、地下施設およびゆめ地創館見学を疑似体験できる3Dコンテンツを掲載

一般の方向けの幌延センター紹介動画の公開



<https://my.matterport.com/show/?m=yiX6s67b75C&qs=1>



<https://my.matterport.com/show/?m=uvv5LHJ9qAt>



# 3 北海道からの要請事項(令和3年度分)への対応(5/5)



## 情報公開の取り組み (2/2)

幌延センターHP新規コンテンツ (<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/research/general.html>)

一般の方・小中学生向け資料集の掲載

### バーチャル地下施設見学



ここをクリックして動画を見る

ここをクリックして地下施設を歩く



### 地層処分とは？

どのように地層処分するの？

人工バリア(ガラス固化体、オーバーバック、緩衝材(ベントナイト))と天然バリアの多重バリアを作り、地下水により放射性物質がガラス固化体から出たり、移動することを避けます。

緩衝材 (ベントナイト) + オーバーバック (鉄製) + ガラス固化体 (ガラス)

人工バリア (多重バリア) + 天然バリア (岩盤)

緩衝材(ベントナイト)とは？ (人工バリア)

ベントナイト(粘土の一種)は膨らむ性質があり、隙間を埋めるとともに、地下水の動きを遅くする。

膨らんだベントナイトは隙間を埋め、地下水の動きを遅くする。

オーバーバックとは？ (人工バリア)

鉄製のオーバーバックで 1000年以上の間、ガラス固化体を地下水との接触から守る。

- 1000年間の錆の影響を考え、十分な余裕をみて、厚さを設定 → 約19cm
- 地下深部では 酸度が少ないので、地下水と接触しても錆は容易に進まない

出雲大社で発掘された750年前の鉄製の斧 錆の深さは、1mmに満たない

一般の方や小中学生にご理解いただけるよう、動画を用いたり、分かりやすい説明に努めています。

# 参考資料

## 令和2年度までの要請事項への対応

# 北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

## 1. 今後とも「三者協定」に則り研究に当たること

○北海道および幌延町との三者協定は、幌延深地層研究センターが深地層研究計画を進めるにあたって大前提と認識しており、最終処分場としないことや研究終了後は埋め戻すことなどを遵守いたします。

## 2. 9年間の研究期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるよう取り組むこと

## 3. 研究の実施主体として責任をもって計画に即して研究を進めること

○今後は9年間の研究期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるよう、毎年度、PDCA（P：計画・D：実行・C：評価・A：改善）サイクルを着実に回していきます。

# 北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

## 4. 安全管理に関する情報や埋め戻しの考え方など、道民の皆様の不安や懸念の解消につながる情報について、あらゆる機会を通じ、分かりやすくかつ丁寧に提供すること

- 安全管理に関する情報や埋め戻しの考え方など、道民の皆様の不安や懸念の解消につながる情報を、地域での説明会などにおいて、分かりやすく丁寧に提供していきます。
- 情報公開やコミュニケーションに関する有識者の方々ともご相談し、機構の取り組みについて常に改善し、実行していきます。
- 令和2年度以降の幌延深地層研究計画において「国内外の動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します」としています。埋め戻しの考え方については、本提示に先立ち、一般的な事例などをお示しすることを検討します。令和3年度の住民説明会で瑞浪や金属鉱山の例を紹介しました。
- 「幌延が将来処分場になるのではないか」という不安や懸念の解消のため、地層処分に関する法律や、国などが全国で説明している関連内容を、地域での説明会などにおいて紹介する機会を設けます。令和3年度の住民説明会で紹介しました。

# 北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

## 地下施設の安全管理について

- 安全教育の実施
- 定期的な安全パトロールの実施
- 訓練の実施 など

地下施設では、安全に関する様々な情報を中央管理室において常時監視しており、異常値が検出されたら直ちに対応できるよう備えています。

### 【主な監視項目】

- 地下の環境（温度・湿度、一酸化炭素、酸素、メタンガスなど）
- 各種警報（火災報知器、一酸化炭素、メタンガスなど）
- 設備の稼働状況（換気設備、排水設備、電気設備など）
- 入出坑者
- 現場に設置されたカメラの映像



安全パトロールの様子



地下の環境を監視するセンサー

# 北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

## 5. 研究の進捗状況を分かりやすく説明できるよう、今後の研究の工程表を整理し公表すること

○今後の研究の9年間の工程表を整理し、令和2年度調査研究計画にて公表しました。また、工程表に年度ごとの成果を追記し、進捗状況が分かるようにしました。

## 6. 道及び幌延町が三者協定に基づき毎年度開催する確認会議において、毎年度の計画や実績のみならず、研究に対する評価やその他研究の推進に関することについても報告するとともに、地域での説明会等で積極的に情報発信すること

○確認会議や地域での説明会などにおいて、毎年度の計画や実績に加えて、機構の外部委員会（「深地層の研究施設計画検討委員会」、「地層処分研究開発・評価委員会」）の評価や、研究の推進に関することとして地層処分を取り巻く国などの活動状況についても報告いたします。

○プレス発表を通じて、多くの研究成果などの情報を発信するとともに、インターネットなどをより活用し、迅速に幅広く情報発信していきます。機構のTwitterをより積極的に活用した情報発信も行っています（令和2年11月～）。

○近隣市町村の自治体や住民の方々がこれまで以上に幌延深地層研究センターの地下施設をご覧いただけるような機会を設けてまいります。令和2年10月より近隣市町村を対象とした見学会を開始し、令和3年度も継続しました。（令和2年度：16名、令和3年度：13名）



# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

1. 外部評価の意見とその対応を公開する際には、評価の状況を北海道及び幌延町へ報告すること。

○機構の外部委員会（「深地層の研究施設計画検討委員会」、「地層処分研究開発・評価委員会」）にて、適宜評価の状況を報告しました。

深地層の研究施設計画検討委員会：令和3年10月、11月、令和4年2月

地層処分研究開発・評価委員会：令和3年10月、令和4年1月、2月

2. 研究計画に対する研究課題の進捗状況がわかるよう、研究課題毎にどのような成果を出しているのか、また、研究課題間の関連性はどうなっているのかなど、計画書の策定等にあたっては、より分かりやすい資料の作成に努めること。

○研究課題毎の成果については、工程表に各課題の最終的な成果と、各年度で得られた成果を示すことで進捗状況が分かるようにしました。また、研究課題間に関連があるものについては関連性を示していきます。

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

課題の全体の内容のつながりについて

## ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験

## ②処分概念オプションの実証

- 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
  - ・ 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証
  - ・ 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化
- 高温度(100℃以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験

## ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
  - ・ 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
  - ・ 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

坑道を埋め戻す技術は、どのような品質なのか？

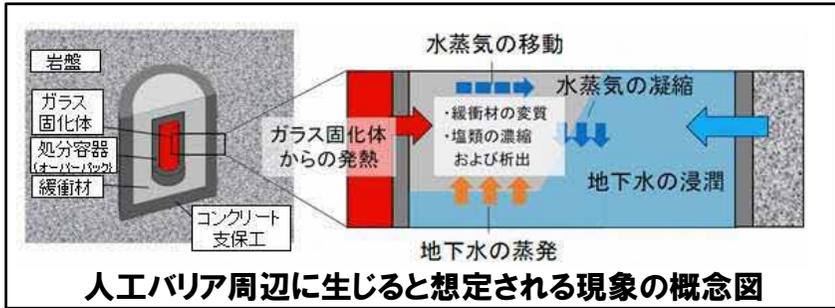
人工バリアでは、どのような現象が起こるのか？

割れ目や断層の中での、水や物の動きやすさは、どうなるのか？



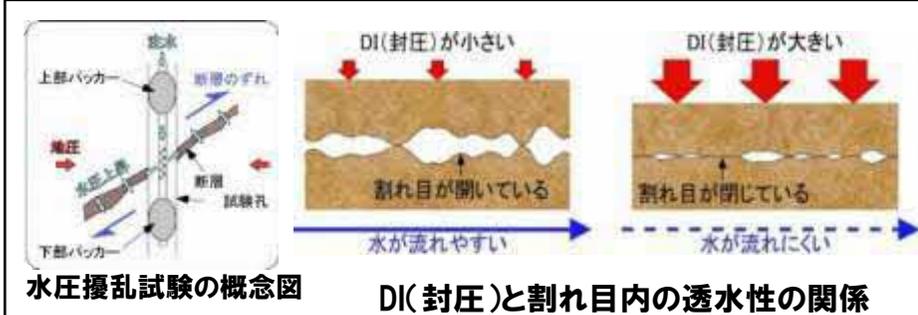
坑道の埋め戻し(下部:転圧締め固め、上部:ブロック設置)

坑道を埋め戻す複数の施工方法を確認します



人工バリア周辺に生じると想定される現象の概念図

人工バリアで起こる現象を把握します



水圧擾乱試験の概念図

DI(封圧)と割れ目内の透水性の関係

断層や割れ目内での水や物の動きやすさを把握します

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

3. 研究終了後の埋め戻しの考え方については、瑞浪超深地層研究所の例とともに、埋め戻し方法や工事期間、周辺環境モニタリングなどの一般的な事例を整理し、来年度の確認会議で示すことを検討すること。

○瑞浪超深地層研究所の埋め戻しの例や、鉱山の一般的な埋め戻しの例（金属鉱山の例）などについて、令和3年度の確認会議で紹介しました。

4. 埋め戻しは、地下研究施設の建設時に発生した掘削土（ズリ）で行うこととしているが、土の性状は経年変化する可能性があることから、今後、埋め戻しの検討において考慮すること。

○今後の埋め戻しの検討の際に考慮いたします。

5. 地域における報告会の説明資料作成にあたっては、道民がイメージしやすい表現を用いるなど受け手側を考慮した資料作りに務めること。

○受け手側を考慮して、分かりやすい、イメージしやすい表現を用いて資料を作成いたします。分かりやすい表現であっても解釈が分かれるような用語は注釈をつけるなど工夫いたします。

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

6. 確認会議において、前年度の研究成果をより早期に確認するため、例年、新年度計画の提出より後になっている前年度の研究成果については、来年度以降、一部見込みになる部分もあるが、新年度の研究計画の際に提出すること。

○令和3年度以降の計画書においては、前年度の研究成果については見込みになる部分も含めて概要を計画書のなかで示すこととしました。

7. 来年度以降の計画書の作成にあたっては、当該年度の研究内容と前年度の研究とのつながりを意識するよう努めること。

○令和3年度以降の計画書においては、課題の全体の内容、前年度の研究成果、当該年度の研究計画を示すことで、つながりが分かるようにしています。

8. 幌延深地層研究センターの研究の目的と得られる成果を施設見学会や地域の説明会等において具体的に示す工夫をすること。

○研究目的と想定している成果について、見学会や地域の説明会において示すこととしました。

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

9. 地域の説明会等において、機構の外部委員会の評価や、研究の推進に関することとして地層処分を取り巻く国等の活動状況について報告すること。

○地域の説明会において、外部委員会の評価や、地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況について報告することとしました。

10. 地域の説明会において処分場の選定プロセスとの違いなども紹介していくこと。

○地域の説明会において処分場の選定プロセスや、北海道及び幌延町と締結している「幌延町における深地層の研究に関する協定書」を紹介し、幌延深地層研究センターとの違いを説明することとしました。

11. 分かりやすい広報資料の作成に向け、外注や広報部署との連携を検討していくこと。

○広報部署と連携して、分かりやすい資料の作成のための研修を行いました。説明資料は、広報部署の広報専門監の指導に基づき作成することとしました。

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

## 地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況 (1/2)

### 1. エネルギー基本計画 (令和3年10月閣議決定)

- ✓高レベル放射性廃棄物については、国が前面に立って最終処分に向けた取組を進める
- ✓国、NUMO、JAEA等の関係機関が、全体を俯瞰して、総合的、計画的かつ効率的に技術開発を着実に進める。この際、幌延の深地層研究施設等における研究成果を十分に活用していく。

### 2. 最終処分国際ラウンドテーブル※

- ✓OECD/NEA (経済協力開発機構/原子力機関) による最終報告書の公表 (令和2年8月)
- ✓研究開発における地下研究施設の共同利用に関する国際ワークショップ (令和3年9月: Web開催、18か国 + IAEAから130名が参加)

主催: OECD/NEA・経済産業省

幌延の地下施設を国際的に開かれた施設として共有し、幅広い交流と協力を進めることは、地層処分に関する技術レベルの維持・強化に有効であること、などの意見があった。

- ✓研究開発における地下研究施設の共同利用に関する国際ワークショップ (令和4年度上期 幌延で開催予定)

主催: OECD/NEA・経済産業省

主な議論内容 (予定): 各国の地下研究施設における研究開発の現状、幌延の地下施設見学、国際協力のあり方に関するパネルディスカッション

※G20 持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合 (於軽井沢; 2019.6.15-16) において立ち上げられた、世界の原子力主要国政府が参加する会議体

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

## 地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況 (2/2)

### 3. 原子力規制委員会

- ✓第60回原子力規制委員会において、第1回「地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項に関する検討」を開催（令和4年1月）
- ✓上記の検討に先立ち、「火山の発生メカニズム等に関する意見聴取会合」を開催（令和4年3月）

### 4. 文献調査

- ✓寿都町および神恵内村においてNUMOが文献調査を開始（令和2年11月）
- ✓上記両町村において対話の場※を開催（令和4年3月までに、寿都町8回、神恵内村6回）

### 5. 海外の状況

- ✓フィンランド：高レベル放射性廃棄物（使用済燃料）の処分実施主体であるポシヴァ社がオルキルオトにおいて建設中の使用済燃料処分場に関して、操業許可申請書をフィンランド政府に提出（令和3年12月）
- ✓スウェーデン：スウェーデン政府は、スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB社）が平成23年3月に申請していた使用済燃料の最終処分事業計画を承認することを決定（令和4年1月）

※地層処分事業（仕組みや安全確保の考え方、文献調査の進捗状況など）及び地域の将来ビジョンなどに関する意見交換を通じて、地層処分事業などの理解を深めることを目的としたもの

# 北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

12. 分かりやすい広報資料の作成に向け、リスクコミュニケーションの専門家や科学ジャーナリストの方などとも相談し、常に改善し、実行していくこと。

○広報部署が企画したリスクコミュニケーション専門家との意見交換会に参加しました。また、幌延深地層研究センターの紹介動画の制作に当たり、科学コミュニケーションの専門家にご意見を伺い、いただいたコメントを動画制作に反映しました。

13. 500mでの研究等を実施するかどうかについて判断した場合は、その内容、理由等について、北海道及び幌延町が開催する確認会議において説明すること。

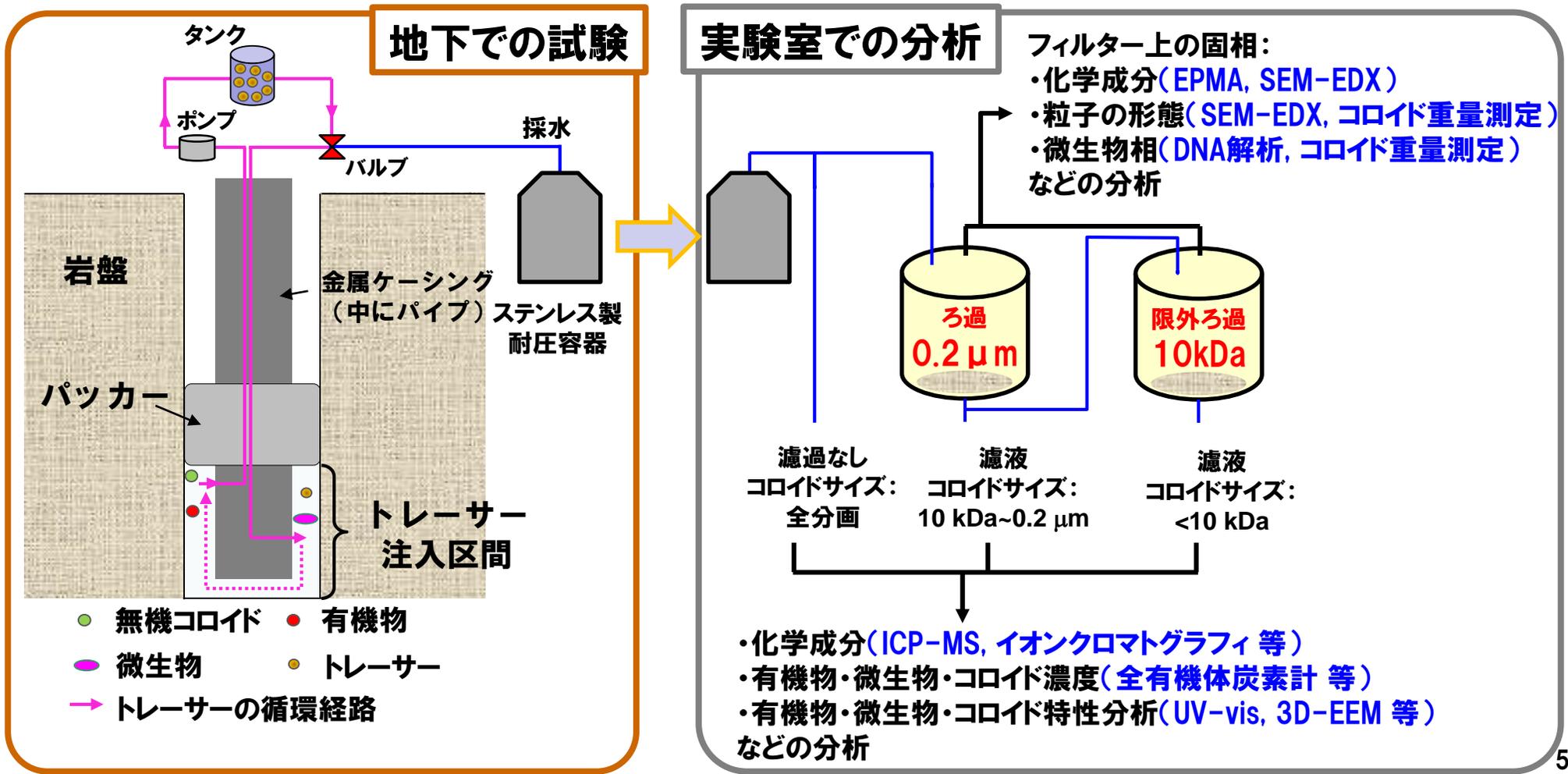
○稚内層深部(500m)に坑道を展開して研究を行う方針については、令和3年度の確認会議で判断の内容と理由などを説明しました。

# 補足説明資料

# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 2) 物質移行試験

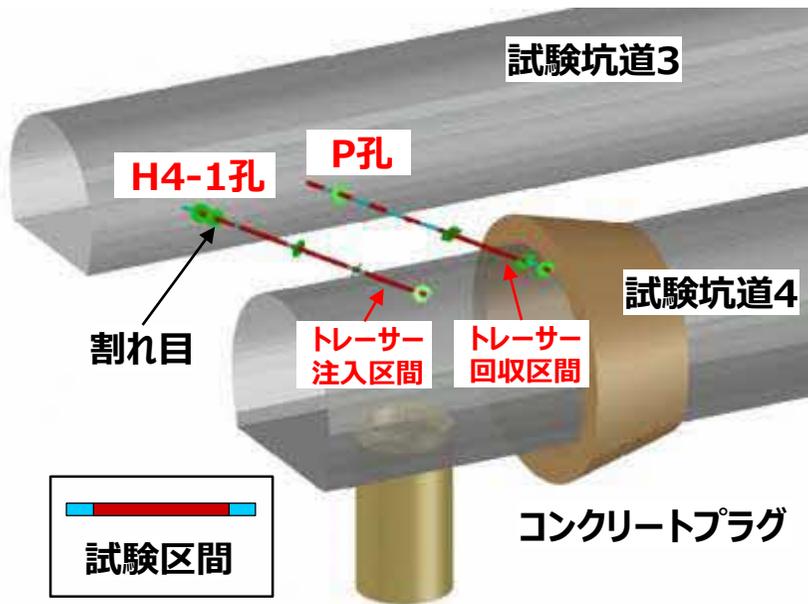
トレーサーはどこを通過するのでしょうか。中央の灰色の部分でしょうか？それとも岩盤でしょうか。もし岩盤部分の場合、別の回収地点が有るといふことでしょうか。



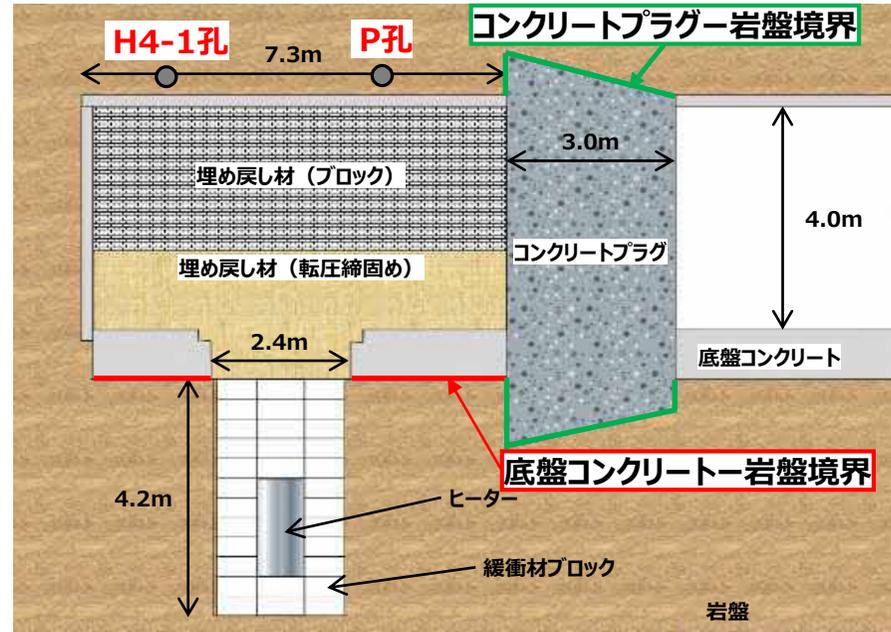
# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 2) 物質移行試験

トレーサー試験の行われた場所の位置関係（坑道3、試験坑道4の力学プラグと岩盤の境界、底盤コンクリートと岩盤の境界など）を図示してください。



鳥観図



断面図  
(試験坑道4の中心)

トレーサー試験孔と試験坑道、コンクリートプラグ等の位置関係